

O IMPACTO DOS ESFORÇOS INOVATIVOS NO DESEMPENHO ECONÔMICO-FINANCEIRO DAS EMPRESAS

Leonardo Andrade Rocha

Doutor em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

leonardoandrocha@yahoo.com.br (Brasil)

Maria Ester Dal Poz

Doutorado em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Professor da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

ester.dalpoz@fca.unicamp.br (Brasil)

Carlos Alano Soares de Almeida

Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

alano@ufersa.edu.br (Brasil)

Denison Murilo de Oliveira

Mestrado em Economia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Professor Assistente I da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

denisonddd@yahoo.com.br (Brasil)

RESUMO

O presente trabalho analisou os impactos dos esforços inovativos, medidos pelos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento, sob o crescimento das vendas, considerando diferentes ‘graus de proximidade’ com a fronteira. Para testar a hipótese, foi construído um modelo de regressão com dados em painel considerando 1.500 firmas com dados financeiros de 2012. Foi calculada a Produtividade Total dos Fatores de cada firma e construído um índice de proximidade com a fronteira (firma com maior produtividade). Os resultados demonstram que firmas situadas próximas da fronteira, empregam os recursos de P&D com maior eficiência, obtendo estimativas de crescimento superior às firmas mais afastadas.

Palavras-chave: Fronteira Tecnológica; P&D; Inovação; Crescimento das Firms.

This is an Open Access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

1. INTRODUÇÃO

A avaliação dos efeitos das atividades inovativas no crescimento das firmas tem sido um tema de grande destaque, especialmente nas últimas décadas. Muitos pesquisadores e economistas têm se aventurado neste campo com o intuito de construir um ‘link’ mais preciso de como a busca ou o esforço na criação de novos produtos, processos e formas de organização têm impacto direto sob o desempenho econômico-financeiro das empresas (Teece, 2009). Neste sentido, políticas direcionadas que visem à acumulação de capacidades dinâmicas das firmas têm sido tratadas como fundamentais para o desenvolvimento de qualquer economia, especialmente, nas economias de industrialização recente (Amsden, 2001).

É evidente que as inovações e o aprendizado envolvido permaneçam como importantes mecanismos cujas firmas as utilizam para construir suas capacidades específicas e tecnológicas (Teece, 2009). Neste entendimento, os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) aplicados pelas firmas não é uma condição suficiente, embora necessária, para garantir a construção de trajetórias tecnológicas sem incorporar os diferentes custos de oportunidades envolvidos na tomada de decisão pelos agentes empresariais. Isto porque mais de 50% destes investimentos são transformados em salários destinados ao pagamento dos pesquisadores distribuídos nos departamentos de pesquisa das empresas (Hall & Lerner, 2009). Dependendo das restrições que a empresa se defronta, a alocação destes recursos pode estar limitada a capacidade operacional de transformá-los em um novo crescimento.

Visto de outra forma, Caselli e Coleman (2006) demonstraram que as firmas mais desenvolvidas e situadas próximas da fronteira tecnológica demandam por um tipo específico de mão de obra altamente qualificada, de maneira que este recurso complementa de forma mais adequada o tipo de tecnologia empregada pela empresa. Em direção oposta, as firmas mais afastadas da fronteira demandam por recursos humanos menos qualificados que operacionalizam tecnologias menos complexas, criando divisões entre os recursos que podem ser vistos como ‘diferentes resultados’ da aplicação dos investimentos em P&D. Assim, as firmas mais próximas da referência tecnológica do seu setor (fronteira) têm mais capacidade de deslocar a fronteira do que as firmas mais afastadas, que sofrem com o aumento relativo desta distância. Por esta razão, é natural que este ‘conjunto vizinhança da fronteira’ utilize com mais eficiência os recursos de P&D, uma vez que estas firmas não apenas afetam seu próprio dinamismo, mas podem consideravelmente restringir a capacidade de avanço das empresas mais afastadas, alterando os resultados dos seus investimentos.

Além destas limitações, as dificuldades de acesso aos recursos financeiros e as restrições de capacidade tendem a gerar divergências persistentes, já que os lucros defasados de algumas inovações alimentam os novos lucros e aqueles que operam na fronteira também são aqueles que são mais propensos a empurrá-la para frente em comparação com as firmas mais afastadas. Resumidamente, é inequívoco que as diferenças entre as firmas de um mesmo setor (e entre setores) condicionam os seus próprios resultados, o que torna o gerenciamento estratégico, especialmente nos esforços inovativos das empresas, um manifesto de uma complexa rede endógena de ações entre os agentes empresariais (Bogliacino & Cardona, 2010).

No intuito de diagnosticar a influência destas diferenças nos investimentos em P&D das empresas, recentes pesquisas (Acemoglu, Aghion, & Zilibotti, 2006; Aghion & Howitt, 2009; Hall & Lerner, 2009; Coad, 2011) tentaram medir o efeito dos esforços inovativos no desempenho das firmas, incorporando para a análise o conceito de aproximação como fronteira. Esta recente metodologia emprega a abordagem schumpeteriana da concorrência, onde as firmas buscam criar novos produtos, tornando as atuais tecnologias obsoletas, um processo aproximado da ‘destruição criadora’ (Aghion & Howitt, 1998).

Na hipótese schumpeteriana, as firmas mais avançadas têm mais capacidade de se adaptarem aos novos padrões tecnológicos do que em relação às firmas mais atrasadas. Assim, em muitos casos, as firmas mais afastadas da fronteira são desencorajadas a inovar à medida que as firmas mais avançadas destroem suas trajetórias tecnológicas quando deslocam a fronteira¹. Este efeito relativo não é tão simples de analisar, nem muito menos de se medir, uma vez que precisamos definir “qual o padrão de referência” dentro da análise. Por esta razão, os estudos que têm concentrado nesta temática vêm obtendo resultados mais satisfatórios e coerentes com o gerenciamento estratégico da inovação².

Em alguns estudos, destacando Coad (2011), o efeito de proximidade com a fronteira foi averiguado considerando o uso de regressões quantílicas, visando descrever os aspectos heterogêneos de algumas variáveis em diferentes pontos da sua distribuição. Adotando esta técnica, o autor constatou os investimentos em P&D apresentaram uma forte associação com o valor de mercados das

¹ Este fato não implica que as firmas sejam marginalizadas do mercado. Ao contrário, as firmas mais afastadas operam com níveis de incerteza relativamente maiores em relação às firmas da fronteira, o que elevaria os custos de oportunidade de determinados investimentos, especialmente os de P&D. Uma importante contribuição acerca disto é apresentada por Aghion e Howitt (2009).

² Isto porque na maioria dos estudos, modelos econométricos são empregados para diagnosticar as relações entre as variáveis e a distinção das firmas entre as mais ou menos próximas em relação a um padrão de referência. Este padrão de referência tem sido mais coerente ao se empregar o conceito de diferenças em torno da média amostral. Para maiores detalhes, ver Coad (2011).

firmas, especialmente nos quantis superiores (firmas próximas da fronteira), e, a mesma contribuição para as firmas mais afastadas (considerando os quantis inferiores) era significativamente inferior. Desta forma, as atividades inovativas eram mais bem avaliadas no grupo de empresas que lideram o setor, uma vez que estas firmas tinham maior grau de adaptabilidade aos riscos destas atividades e aos potenciais choques de natureza aleatória.

Contudo, o método de regressões quantílicas não avalia de forma precisa as diferenças entre os níveis de produtividade das firmas, uma vez que estamos considerando apenas os diferentes pontos da distribuição. Além disto, a associação entre o valor de mercado e os esforços inovativos, sem a adequada análise das diferenças relativas de produtividade, podem inferir resultados imprecisos sobre a verdadeira natureza do efeito. As vantagens da criação de um índice relativo consistem: (1) na distinção entre os diferentes graus de proximidade conforme a proporção da produtividade de cada firma em relação a um padrão referência; (2) nos modelos de regressão estamos sempre associando os desvios em torno de uma média, o que limita as interpretações, haja vista que o índice de proximidade com a fronteira visa corrigir “o efeito sob a média” pela distância em relação ao maior valor observado, neste caso, a produtividade referência. Este método consiste na adequação dos modelos de crescimento econômico de Aghion e Howitt (1998; 2009) à problemática microeconômica da firma. Assim, uma vez constatada a hipótese schumpeteriana ao ‘paradigma da tecnologia’, o presente estudo confirma que as assimetrias tecnológicas entre as firmas podem conduzir a padrões divergentes entre os setores, regiões e, especialmente, países³.

Para testar tal hipótese, esta investigação propôs avaliar as elasticidades dos gastos em P&D nas vendas das firmas, conforme o grau de proximidade de cada firma em relação à fronteira do seu setor. Para isto, adotou-se uma amostra de 1.500 firmas considerando 37 setores em 43 países. Em seguida, foi calculada a Produtividade Total dos Fatores – PTF – de cada firma e, delimitando a firma com o maior índice de produtividade como a fronteira em cada setor, posteriormente construiu-se um índice relativo dado pela razão da PTF de cada firma em relação à fronteira, denominando-se o indicador de proximidade. Ao final, foi empregado um modelo de regressão com dados em painel confrontando dois modelos distintos: (1º) um efeito causal dos gastos em pesquisa sob as vendas sem a incorporação da influência das assimetrias tecnológicas e; (2º) incluindo a influência do fator de aproximação com a fronteira nos resultados dos gastos em pesquisa. As conclusões do estudo evidenciaram que as firmas mais próximas da fronteira empregam os recursos de P&D com maior

³ O modelo matemático a ser apresentado na seção 1 demonstra como o grau de proximidade com a fronteira pode influenciar a taxa de crescimento das firmas. Estudos apresentados em Aghion e Howitt (2009) chegam a conclusões similares às apresentadas aqui.

eficiência em relação às firmas mais afastadas. O estudo foi dividido em 4 seções: referencial teórico, metodologia empírica, análise dos resultados e as conclusões do estudo. A seguir será apresentado o referencial teórico que fundamenta o modelo empírico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Os Recursos de P&D como Investimentos Estratégicos

Desde as contribuições de Arrow (1962) os gastos em P&D passaram servistoscom características bastante peculiares em relação aos demais investimentos da empresa. Em uma primeira análise, tais investimentos estão sujeitos a fatores de incerteza, de forma que eles concorrem com os demais investimentos (capital físico) de acordo com o melhor e o “mais seguro” retorno. Em outra perspectiva, as restrições de recursos pelas firmas tornam os investimentos em P&D altamente seletivos, uma vez que as empresas mais avançadas empregam tais recursos com maior eficiência e com a finalidade de deslocar a ‘fronteira tecnológica’ do setor que atuam. No que tange as firmas com baixo nível de aprendizado tecnológico, os deslocamentos da fronteira têm o efeito de aumentar a sua distância relativa, elevando os custos de oportunidade destes investimentos e reduzindo a eficácia dos resultados, dado que as estratégias de imitação aumentam a concorrência pelos recursos (Coad, 2011).

Ao longo das últimas décadas, muito ênfase tem sido dada na importância da tecnologia para o dinamismo dos negócios, o que tem destacado ainda mais a importância dos investimentos em P&D nos ganhos de competitividade. Conforme Hall (2002) existem importantes diferenças entre os investimentos em P&D e os investimentos em capital físico. Em primeiro, a composição é diferente com mais da metade dos recursos sendo gastos no pagamento de salários de uma mão de obra altamente especializada e treinada (pesquisadores, engenheiros, doutores em vários campos de atuação, etc.). Por causa desta composição orgânica (dado que ela reflete o dinamismo da tecnologia), a maior parte do conhecimento criado passa a ser intangível e incorporado tacitamente nos engenheiros e pesquisadores. Este fato tem duas consequências relacionadas: a posse de tal conhecimento não reside inteiramente com a empresa, isto cria um incentivo para a elaboração de contratos específicos a estes investimentos, devido à necessidade de manter os funcionários que possuem valiosos ativos da empresa – conhecimento (Hall & Lerner, 2009).

Este padrão de comportamento é mais bem observado especialmente nas firmas mais próximas da fronteira, onde a concorrência pelo conhecimento é mais intensa. Evidências empíricas mostram

que a concorrência entre as firmas mais avançadas tem o efeito de forçá-las a inovarem como uma estratégia de escaparem do efeito “ameaça à entrada”, cujas firmas entrantes promovem às firmas estabelecidas. Esta estratégia tem relação positiva com a probabilidade de entrada, associando *inovação x ameaça à entrada* a um padrão distinto em relação às firmas menos desenvolvidas. Neste caso particular, as empresas são desencorajadas à inovarem, uma vez que as firmas, de forma coletiva, acabam destruindo o valor de suas inovações, elevando ainda mais os custos de oportunidade dos investimentos em P&D (Aghion & Bessenova, 2006).

Tais analogias criam um relativo ‘conflito’, de forma que os resultados dos investimentos em P&D estejam intimamente associados às flutuações de proximidade com a fronteira (Acemoglu, Aghion & Zilibotti, 2006). Por esta importante razão, é imprescindível analisar fatores que refletem os esforços inovativos das firmas considerando suas consequências na formação de assimetrias tecnológicas, especialmente quando tais assimetrias motivam boa parte das capacidades dinâmicas das empresas (Teece, 2009). Uma análise dissociada entre tais fatores poderia incorrer a conclusões imprecisas sobre a real natureza do ‘paradigma da tecnologia’.

2.2 Ambiente Econômico e de Inovação

A abordagem apresentada consiste em uma variação à metodologia proposta por Aghion e Howitt (2009). Iremos apresentar o ambiente cuja firma atua em competição com as demais em um determinado setor. Cada firma possui uma função de produção que se aproxima de uma função tradicional Cobb-Douglas:

$$Y_{it} = (k_{it})^{\alpha} (L_{it} A_{it})^{1-\alpha}, \alpha \in (0,1)$$

Equação 1

Conforme a equação (1), a elasticidade do estoque de capital físico (k_i) da i -ésima empresa é representado pelo parâmetro α . Consequentemente, a elasticidade do número de funcionários da firma (L_i) e do parâmetro tecnológico (ou produtividade total dos fatores) da firma (A_i) é representada por $(1 - \alpha)$, de maneira que a firma apresente retornos constantes de escala. O tempo é considerado discreto e com um horizonte limitado de T -anos, $t = 1, 2, 3, 4 \dots T$.

O parâmetro tecnológico da firma mede a qualidade da produção final que é combinada pelo emprego dos insumos na produção. Assim, níveis mais altos neste parâmetro reflete uma maior diferenciabilidade do produto frente aos demais concorrentes. As firmas buscam a liderança em cada

setor, investindo recursos nas atividades de P&D com o intuito de aumentar as chances de alcançarem à ‘fronteira’.

Caso a firma implemente uma inovação no mercado, a melhoria do produto é aceita e o parâmetro tecnológico consiste em um avanço de melhoria em relação ao período anterior. Caso a firma não acerte com a inovação, o estado tecnológico consiste o mesmo do período anterior, sem observar qualquer melhoria.

$$A_{it} = \begin{cases} \gamma A_{it-1}; \mu \\ A_{it-1}; 1 - \mu \end{cases}$$

Equação 2

Conforme a equação (2), o parâmetro $\gamma > 1$ corresponde ao tamanho da inovação e aumenta o parâmetro tecnológico da firma em relação ao período defasado com probabilidade μ da inovação suceder. Caso contrário, $1 - \mu$, a firma falha com a inovação e a qualidade do seu produto não melhora em relação ao período anterior. A taxa de progresso tecnológico da firma é representada pela esperança matemática $E(.)$ na variação percentual do parâmetro tecnológico:

$$g_A = E\left(\frac{A_{it} - A_{it-1}}{A_{it-1}}\right) = \mu(\gamma - 1)$$

Equação 3

A probabilidade de sucesso da inovação da firma depende do volume de recursos aplicados nas atividades de inovação. Assim podemos definir a função de inovação, que associa cada investimento em pesquisa aplicado (n) a uma probabilidade de sucesso (μ), de acordo com a notação à seguir:

$$\mu = \theta(n_{it})^\sigma; \sigma \in (0,1)$$

Equação 4

Conforme a função de inovação acima, o parâmetro θ reflete a produtividade da pesquisa e será admitido ser um valor estritamente pequeno, a fim de garantir o intervalo de probabilístico de μ . Com relação ao parâmetro σ , este representa a elasticidade da pesquisa no aumento da probabilidade de sucesso da inovação. A restrição para $\sigma \in (0,1)$, segue as evidências empíricas apresentadas nas contribuições de Aghion e Howitt (2009) e Acemoglu, Aghion e Zilibotti (2006). A taxa de crescimento nas vendas da firma consiste na seguinte solução algébrica:

$$g_Y = \alpha g_K + (1 - \alpha)(g_A + g_L)$$

Equação 5

Sem muitas perdas de generalidade, a taxa de crescimento do capital (g_K) e dos trabalhadores (g_L) será considerada igual à zero. Substituindo as equações (3) e (4) em (5), temos:

$$g_Y = (1 - \alpha)\theta(n_{it})^\sigma(\gamma - 1)$$

Equação 6

A partir da equação (6), podemos apresentar a primeira proposição de teste no presente estudo:

Proposição 1: *Os investimentos em P&D contribuem para o crescimento das vendas das firmas por meio do aumento na probabilidade de sucesso das futuras inovações (Vide equação (4)).*

Como prova da **Proposição 1**, podemos aplicar o conceito de derivada parcial na taxa de crescimento com relação aos investimentos em P&D:

$$\frac{\partial g_Y}{\partial n_{it}} = \frac{\sigma(1-\alpha)(\gamma-1)}{\theta(n_{it})^{1-\sigma}} > 0$$

Equação 7

Conforme a equação (7), temos que os investimentos em P&D contribuem visivelmente para o crescimento das firmas. Contudo, podemos questionar quais firmas desfrutam de uma maior contribuição no crescimento e quais apresentam incrementos marginalmente inferiores? Quais fatores afetam as elasticidades da pesquisa em diferentes contextos das firmas?

Para responder tais ‘enigmas teóricos’, iremos resgatar a assunção metodológica proposta por Aghion e Howitt (2009). Conforme os autores, para as firmas mais afastadas da liderança do setor as estratégias baseadas na implementação de tecnologias provenientes da fronteira tendem a apresentar uma rápida contribuição no crescimento destas firmas, ao contrário das firmas situadas na ‘vizinhança da fronteira’. Assim, os diferentes resultados associados às atividades de pesquisa apresentam padrões de sensibilidade em relação às flutuações de proximidade com a fronteira.

Nesta perspectiva, a fronteira é definida como a tecnologia referência no setor, de maneira que cada firma se encontre limitada em relação à firma detentora do “status da liderança”. Partindo desta premissa, define-se como fronteira (\bar{A}) a firma com a tecnologia referência satisfazendo como limite do conhecimento dentro do setor $A_{it} \leq \bar{A}$. Desta maneira, tanto a produtividade quanto a elasticidade da pesquisa são ambas afetadas pelo grau de proximidade com a fronteira $a_{it} = A_{it}/\bar{A}$ (dizemos que $\theta(a_{it})$ e $\sigma(a_{it})$ são funções crescentes da aproximação tecnológica, $\theta'(a_{it}) > 0$ e $\sigma'(a_{it}) > 0$). Assim, quanto maior a aproximação com a fronteira $\lim a_{it} \rightarrow 1$, maior a contribuição da produtividade e da elasticidade da pesquisa no sucesso da inovação, devido as experiências e aos padrões de cumulatividade do conhecimento na consolidação da trajetória tecnológica (Teece, 2009).

Proposição 2: *A contribuição dos investimentos em P&D para o crescimento das vendas é maior para as firmas situadas na vizinhança da fronteira do que em relação as firmas mais afastadas.*

$$\frac{\partial g_Y}{\partial n_{it}} = \sigma(a_{it})(1 - \alpha)\theta(a_{it})(n_{it})^{\sigma(a_{it})-1}(\gamma - 1) > 0$$

Equação 8

Aplicando a derivada parcial com relação ao grau de proximidade com a fronteira, temos o efeito marginal da aproximação tecnológica na contribuição dos investimentos em pesquisa no crescimento:

$$\frac{\partial^2 g_Y}{\partial n_{it} \partial a_{it}} = \frac{\sigma(a_{it})(1-\alpha)\theta(a_{it})(\gamma-1)}{(n_{it})^{1-\sigma(a_{it})}} [\Omega(a_{it})] > 0 \quad \Omega(a_{it}) \equiv \left[\left(\frac{1+\sigma(a_{it})\ln(n_{it})}{\sigma(a_{it})} \right) \sigma'(a_{it}) + \frac{\theta'(a_{it})}{\theta(a_{it})} \right]$$

A próxima seção destaca a construção do modelo empírico que testa a hipótese dos esforços inovativos e a sua relação com o desempenho da firma, incorporando os efeitos da aproximação com a fronteira tecnológica nos resultados destes investimentos (P&D).

3. METODOLOGIA EMPÍRICA

3.1 Fonte dos Dados e Tamanho da Amostra

Para medir a influência dos esforços inovativos no desempenho das firmas adotou-se a base de dados do *The 2012 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*⁴ (Joint Research Centre, 2013). Este relatório é publicado anualmente, fornecendo o ranking das empresas com o maior volume de gastos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D). As informações incluem, além desta variável, o volume das vendas (€ milhões), número de empregados, despesas com capital (€ milhões), rentabilidade, além das medidas de crescimento.

A cada ano o ranking das empresas se altera, conferindo perdas de informações sobre algumas empresas em diferentes pontos do tempo. Como o intuito de maximizar o tamanho da amostra para 1.500 empresas (somente no relatório de 2012), optou-se por uma base de dados exclusiva para este ano. Sem muitas perdas, acredita-se que uma amostra de 1.500 firmas seja significativa para as conclusões do estudo.

⁴ Estes dados são tabulados pela Comissão Europeia e fornecem dados e informações financeiras das principais corporações no mundo, conforme o relatório de balanço anual de cada empresa.

3.2 Definição das Variáveis e Modelagem Econométrica

Para construção de um modelo econométrico que venha a associar os efeitos dos esforços inovativos sob o desempenho econômico-financeiro das firmas, consideramos o volume das vendas no ano de 2012 como uma função de um importante conjunto de variáveis, conforme a equação a ser estimada:

Eq. (1):

$$\log(y_{ijc}) = \alpha + \beta_1 \log(l_{ijc}) + \beta_2 \log(k_{ijc}) + \beta_3 \log(P\&D_{ijc}) + \beta_4 D_{Fam\&Biotec} \log(P\&D_{ijc}) + \beta_5 \pi_{ijc} + \beta_6 D_{Brics} + \beta_7 D_{G8} + \beta_8 D_{Amer.Latina} + \gamma_j + \delta_c + \varepsilon_{ijc}$$

Conforme a Eq. (1), as variáveis y_{ijc} , l_{ijc} , k_{ijc} , $P\&D_{ijc}$ representam, respectivamente, às vendas, ao número de empregados (estoque de mão de obra), às despesas de reposição e/ou de melhoria nos ativos físicos das firmas (maquinários, propriedades, prédios industriais, etc.) e aos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento⁵. A variável dummy $D_{Fam\&Biotec}$ corresponde ao conjunto de empresas atuantes nos setores Farmacêutico e Biotecnologia (valor 1, para firmas pertencentes a algum dos setores e 0, caso contrário). Esta dummy, interagida com o logaritmo dos gastos em P&D, visa captar o efeitos destes dois importantes setores intensivos em alta tecnologia, em relação aos demais grupos de setores. A variável π_{ijc} mede a rentabilidade de cada firma, medida pela razão entre os lucros operacionais e as vendas líquidas. As outras variáveis dummies D_{Brics} , D_{G8} , $D_{Amer.Latina}$, visam distinguir as empresas sediadas conforme cada grupo econômico-geográfico. No caso das empresas sediadas nos países que compõem o grupo dos Brics, a dummy D_{Brics} assume valor 1 e 0, caso contrário. Considerando o grupo das empresas sediadas nos países do G8 (grupo das 7 economias mais industrializadas + Rússia), a dummy D_{G8} assume valor 1 e 0, caso contrário. Para as empresas com origem nos países da América Latina, a variável dummy $D_{Amer.Latina}$ assume valor 1 e 0, caso contrário. Em última parte, os efeitos fixos de controle da amostra γ_j , δ_c representam as diferenças observadas entre os setores e os países, respectivamente e que são comuns entre as firmas para cada grupo. Os subscritos i,j,c ilustram as dimensões do painel, conforme as i-firmas (1.500), nos j-setores (37) e c-países (43).

Outra importante equação a ser estimada, consiste na Eq. (2), a seguir:

⁵ Todas as variáveis estão expressas em milhões de euros.

Eq. (2):

$$\log(y_{ijc}) = \alpha + \beta_1 \log(P\&D_{ijc}) + \beta_2 a_{ijc} \log(P\&D_{ijc}) + \beta_3 a_{ijc} + \beta_4 \log(k_{ijc}) + \beta_5 \pi_{ijc} + \beta_6 D_{Brics} + \beta_7 D_{G8} + \beta_8 D_{Amer.Latina} + \gamma_j + \delta_c + \eta_{ijc}$$

De acordo com a Eq. (2), a nova variável a_{ijc} mede o grau de aproximação tecnológica da i -ésima firma em relação à fronteira no seu setor, que é representada pela empresa com o maior nível de produtividade. Já a interação do indicador de proximidade com o logaritmo dos gastos em P&D visa capturar a influência dos esforços inovativos à medida que comparamos diferentes defasagens tecnológicas (à medida que a firma reduz o gap tecnológico em relação à fronteira, podendo representar um parâmetro de eficiência). Para se calcular o indicador de produtividade de cada firma, pelo menos duas abordagens apresentam maior destaque: (i) as vendas líquidas por trabalhador e a (ii) produtividade total dos fatores – PTF. Por fim, as variáveis $\varepsilon_{ijc}, \eta_{ijc}$ representam os termos de perturbação estocástica que satisfazem os pressupostos estatísticos básicos $\varepsilon_{ijc} \sim N(0, \sigma_\varepsilon)$ e $\eta_{ijc} \sim N(0, \sigma_\eta)$. Testes de confirmação de propriedades básicas nos resíduos também serão adotados, especialmente para confirmar ou não a presença de heterocedasticidade. Nos casos de presença, a matriz de variância-covariância dos parâmetros será recalculada, visando garantir os requisitos de eficiência.

Os parâmetros estimados das variáveis com transformação logarítmica são interpretados como coeficientes de elasticidade e mede a variação percentual ocorrida na variável dependente quando variamos 1% na variável independente. A vantagem desta metodologia é que ela destaca a influência direta e relativa entre as variáveis selecionadas. É comum nos estudos com dados financeiros de empresa, a divisão destas variáveis com relação ao ativo total da empresa medindo a distribuição de cada recurso sob o ativo (Hall, 2002). Contudo este procedimento captura de maneira imprecisa a relação entre as variáveis em decorrência das diferenças observadas entre os ativos das empresas. Desta forma, o cálculo do coeficiente de elasticidade desconsidera esta influência concentrando de forma mais precisa no impacto de uma variável diretamente sob a outra. Ademais, muitas decisões empresariais sob investimentos não estão pautadas na distribuição dos recursos e sim na natureza do retorno, de maneira a obter um numerário preciso que viabilize ou não a decisão do investimento (Aghion & Howitt, 2009).

A seguir será apresentada a metodologia empírica aplicada no estudo.

3.3 Calculando a Produtividade das Firms e a Proximidade com a Fronteira

Conforme na seção anterior, existem duas importantes e mais adotadas metodologias para cálculo da produtividade das firmas⁶. No caso das vendas líquidas por trabalhador, esta variável agrega, além dos fatores tecnológicos, a composição dos insumos necessários na produção, que podem não refletir diretamente os efeitos da tecnologia (Kim, 1997).

Outra metodologia e mais amplamente adota, consiste no emprego de uma função de produção padrão do tipo Cobb-Douglas, com tecnologia aumentadora da mão de obra: $y = k^\alpha (Al)^{1-\alpha}$. Sem muitas demonstrações, percebe-se facilmente que a produção por trabalhador por ser reformulada como: $y/l = (k/y)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A$. Aplicando logaritmo e isolando a produtividade total dos fatores (A), temos: $\log A = \log(y/l) - \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) \log(k/y)$. A produção por trabalhador pode ser calculada adotando como proxies as definições da tabela 1:

Tabela 1

Definição das variáveis para cálculo da PTF das empresas.

	Variáveis proxies	Fonte dos dados	Referência em outros estudos
y/l	Vendas por trabalhador	The 2012 EU Industrial R&D Investment Scoreboard	Hall, Lotti e Mairesse (2008 ; 2012);
k/y	Razão das despesas com capital físico em relação as vendas	The 2012 EU Industrial R&D Investment Scoreboard	Hall, Lotti e Mairesse (2008 ; 2012);
A	Produtividade Total dos Fatores - PTF	-	Hall, Lotti e Mairesse (2008);
α	Elasticidade parcial do capital com retornos constantes de escala	Adotando um $\alpha = 1/3$	Aghion e Bessonova (2006); Hall, Lotti e Mairesse (2008);

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A partir do cálculo da PTF das 1.500 firmas, o indicador de proximidade com a fronteira ou de eficiência tecnológica consistiu no método proposto por Aghion e Howitt (2009): $a_{ijc} = A_{ijc} / \max\{A_{jc}\}$. Assim, a firma com a maior PTF possui um índice igual a 1 unidade, uma vez que ela apresenta a PTF referência na razão das demais firmas. Logo, por simplicidade, podemos visualizar que o indicador satisfaz a restrição: $a_{ijc} \in (0, 1], \forall i$.

⁶ Para se calcular a produtividade de uma firma, existe outras metodologias (valor adicionado por trabalhador, valor da produção por trabalhador, etc.), contudo estamos apresentando apenas as mais adotadas em estudos de natureza correlata com a presente investigação.

O método de estimação do painel depende de importantes propriedades assintóticas acerca dos parâmetros que serão discutidos convenientemente na seção a seguir. Por simplicidade iremos abstrair a complexidade em algumas notações, usando-as apenas nos momentos mais necessários.

3.4 Método de Estimação

A metodologia de regressão com dados em painel tem uma considerável importância, uma vez que ela incorpora fatores característicos de controle da amostra que são incorporados nos parâmetros de efeitos fixos – (γ_j, δ_c) . Nesta abordagem, existem dois importantes métodos de estimação: (1) estimação com efeitos aleatórios e; (2) estimação com efeitos fixos (Cameron & Trivedi, 2005). No primeiro caso, os fatores característicos de controle da amostra são incorporados no componente de perturbação estocástico ε_{ijc} , empregando o método de estimação conhecido como *Mínimos Quadrados Generalizados – MQG*. Neste método, para que as estimativas dos parâmetros sejam não-tendenciosas, a covariância entre os regressores e a perturbação estocástica (agregando os efeitos característicos) deva ser identicamente igual a zero em todas as observações: $cov(x_{ijc}^k, \gamma_j + \delta_c + \varepsilon_{ijc}) = 0$, para todo k-ésimo regressor.

Contudo, sabe-se que os arranjos institucionais nas diferentes economias têm um impacto direto na condicionalidade dos esforços inovativos das firmas. Assim, tais esforços, medidos pelos gastos em P&D dependem de importantes incentivos como a Legislação de Propriedade Intelectual, aprendizado tecnológico, níveis de oportunidade e condições de apropriabilidade, que variam consideravelmente entre os países e setores (Malerba, 2004). Desta forma, é pouco provável⁷ que esta condição venha a satisfazer, tendo em vista que estes arranjos institucionais dependem de forças geopolíticas e, em algumas vezes, de trajetórias institucionais (Nelson & Winter, 1982).

Para evitar os transtornos de tendenciosidade nos parâmetros, o método mais coerente com esta investigação seria o de *Mínimos Quadrados Ordinários com Variáveis Dummy*. Neste caso, os efeitos característicos são desagregados da perturbação estocástica e estimados parâmetros para cada fator de controle (país e setor). Dado que a correlação entre os regressores se observe somente com os efeitos característicos, esta metodologia não invoca qualquer padrão de tendenciosidade. Hall (2002) aplicou o método de painel com efeitos fixos para estimar o efeitos das citações de patentes na valoração das firmas. Posteriormente, Hall e Lerner (2009) também adotaram este procedimento estatístico para

⁷ Para maiores detalhes, ver o estudo de Hall, Lotti e Mairesse (2012).

obter estimativas de impacto dos recursos de P&D no índice de q-Tobin das firmas. Além destas pesquisas, esta metodologia tem sido empregada amplamente em todos os estudos aqui citados, especialmente nos modelos de crescimento (Aghion & Howitt, 2009). A seguir, serão apresentados os resultados do modelo empírico e o confronto com recentes trabalhos sobre esta temática.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As estatísticas descritivas das variáveis principais do modelo estão contidas na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2

Estatística descritiva das variáveis selecionadas.

Variável	Nº Obs.	Média	Desvio Pad.	Mín.	Máx.
P&D (€ Milhões)	1500	340,77	846,30	35,00	7.754,50
Vendas (€ Milhões)	1500	10.593,90	26.303,36	-4.383,00	363.375,10
Inv. Capital Físico (€ Milhões)	1500	686,18	2.353,48	0,10	37.282,10
Lucros (€ Milhões)	1500	1.145,25	3.800,36	-9.542,00	56.808,10
Trabalhadores (Nº)	1500	32.146,25	65.251,05	7,00	961.000,00

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados amostrais, 2014.

Segundo os dados apresentados na Tabela 2, o investimento médio em P&D considerando todas as firmas da amostra selecionada consistiu em € 340,77 milhões, com um gasto máximo de € 7.754,00 milhões e um mínimo de € 846,30 milhões. Os altos níveis de investimento eram representados em grande maioria por empresas com sede na União Europeia que lideravam um crescimento no período de 8,9% (bem acima da média mundial com 7,6%), contra 6,1% no ano anterior. No tocante aos níveis de vendas, conforme a amostra total as vendas médias totalizaram um montante de € 10.593,90 milhões, em um intervalo mínimo de € -4.383,00 milhões (prejuízo) a um máximo de € 363.375,00 milhões.

Considerando um comparativo com a década passada, as empresas que apresentaram um elevado desempenho nas vendas (no mínimo dobrando o volume de vendas em relação à década anterior) estavam em grande parte concentradas nos setores de Tecnologia da Informação e Comunicação (em especial, Semicondutores, Software e Telecomunicações) e Saúde (em especial, Farmacêutico, Biotecnologia aplicada, Equipamentos de precisão). Em média, as empresas que operavam nestes setores apresentavam, além de um alto crescimento médio entre 2002 à 2011, também elevados níveis de lucratividade, próximos à 30%. Conforme os indicadores apresentados, as firmas com maior lucratividade estavam concentradas no setor de Software (35 firmas) seguidas dos setores

Farmacêutico & Biotecnologia (42 firmas), Hardware & Equipamentos (66 firmas) e Equipamentos Médicos & Instrumentos de Precisão (19 firmas).

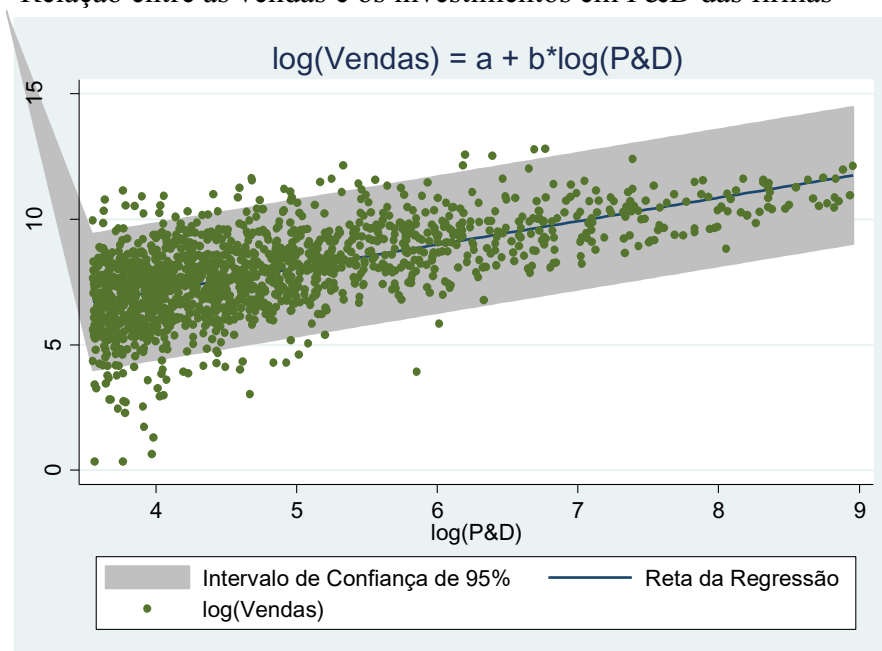
Ainda considerando os dados da Tabela 2, o investimento médio na melhoria e aquisição de novos ativos físicos, tais como equipamentos, propriedades e plantas industriais, consistia no montante de € 686,18 milhões, em um intervalo mínimo de € 0,10 milhões a um máximo de €37.282,00 milhões. Com relação ao número de funcionários contratados, a média correspondia a um valor aproximado de 32.146 empregados com um mínimo de 7 a um máximo de 961.000 funcionários consolidados ao final do período analisado. As tabelas referentes às estatísticas descritivas para cada setor estão apresentadas nos anexos ao final do trabalho.

O Gráfico 1 mostra a relação esperada entre as variáveis vendas e os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento, considerando a amostra total.

De acordo com a visualização do Gráfico 1, as firmas que aplicam maiores recursos nas atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, em média, apresentam desempenho superior em relação às firmas com menor esforço. Um destaque importante no gráfico consiste na forma com que a dispersão da amostra se apresenta à medida que aumentamos os investimentos em P&D (Vide a nota de rodapé 1). Neste caso, a dispersão tende a diminuir apresentando um padrão de maior aderência no intervalo de confiança apresentado (considerando 95% de confiança). Este padrão de dispersão sugere que as possibilidades de resultados para cada investimento aplicado tende a se concentrar de forma mais precisa na reta estimada e apresentando sinais de incerteza menores para as firmas com maiores níveis de investimento (Hall & Lerner, 2009).

Gráfico 1

Relação entre as vendas e os investimentos em P&D das firmas



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

A Tabela 3 apresenta os resultados do modelo estimado na Eq. (1), conforme diferentes relações de causalidade entre as variáveis.

Conforme os resultados, a coluna (A) apresenta a influência dos gastos em P&D, do estoque de mão de obra e dos investimentos nos ativos físicos das empresas. Conforme a teoria, os parâmetros estimados refletem os coeficientes de elasticidades entre as variáveis envolvidas, uma vez que a elasticidade representa o efeito de uma variação percentual de uma variável em decorrência de uma unidade percentual de variação de outra. No caso dos gastos em pesquisa, temos que $\epsilon_{P\&D} \equiv \frac{\partial \log(y)}{\partial \log(P\&D)} = \beta_3 + \beta_4 D_{Fam\&Biotec}$, logo o aumento de 1% dos gastos em P&D, considerando todas as firmas, contribuem para um crescimento nas vendas de aproximadamente 0,20% (significativo a 1%).

Tabela 3

Estimativas do modelo da Eq. (1)

Variáveis Independentes	Variável Dependente: $\log(y)$			
	(A)	(B)	(C)	(D)
$\log(P\&D)$	0,2024778* 0,0241601	0,2491252* 0,0177517	0,1385593* 0,0167845	0,2549556* 0,0177546*
$D_{Farm\&Biotec} * \log(P\&D)$	0,1250599* 0,0382912	-	-	-
$\log(l)$	0,5369339* 0,03065	0,5219874* 0,0182486	0,4763607* 0,0180961	0,5061634* 0,2379219
$\log(k)$	0,2732131* 0,031582	0,2274779* 0,0161096	0,3774505* 0,0151075	0,1147933* 0,0350348
π	-	0,0046246* 0,0002979	0,0039838* 0,0003366	0,0047104* 0,000305
D_{Brics}	-	-	-	-0,2082653* 0,0632308
$D_{Amer.Latina}$	-	-	-0,1572525 0,5557646	-
D_{G8}	-	-	-	0,1147933* 0,0350348
Efeitos Fixos				
-- País	sim	sim	sim	não
-- Setor	sim	sim	não	sim
-- R^2	0,9140	0,9373	0,9121	0,9308
-- R^2 - Ajustado	0,9086	0,9334	0,9092	0,9285
-- Estat. F	169,8600	238,3300	314,0200	407,0700
-- P-valor (F)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Nº Firms	1500	1500	1500	1500
Teste de Heterocedasticidade				
Teste de Breusch-Pagan / Cook-Weisberg				
H_0 : Variância Constante				
-- Estat. Qui-Quadrado	184,1400	0,2400	1,9600	1,3900
-- P-valor (Qui-Quadrado)	0,0000	0,6268	0,1614	0,2388

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa, 2014.

Nota: Os asteriscos (*), (**), (***) correspondem respectivamente aos níveis de significância de 1% (p-valor < 0,01), 5% (p-valor < 0,05), 10% (p-valor < 0,10). O painel consistiu em uma abordagem com dimensão atemporal, uma vez que estamos considerando apenas um ponto do tempo. Testes de correlação nos resíduos entre as diferentes observações na amostra e para cada modelo falharam em rejeitar a hipótese nula de sua existência. Por simplificação e melhor compreensão das informações, os testes não foram incluídos na Tabela objetivando melhor clareza na interpretação dos resultados. Nos modelos cujos testes de heterocedasticidade rejeitaram a hipótese nula de variância constante, a matriz de variância-covariância dos parâmetros foi recalculada dando robustez e eficiência, de forma que as estimativas de erro-padrão dos parâmetros apresentassem propriedades assintóticas de não-tendenciosidade. Na definição dos efeitos fixos, a menção (sim e/ou não) corresponde à inclusão dos efeitos no processo de estimação.

Considerando as firmas atuantes nos setores, farmacêutico e biotecnologia, o aumento de 1% nos gastos em P&D contribui para um crescimento significativo (ao nível de 1%) nas vendas de aproximadamente 0,33%, um resultado bem acima da média dos setores. No tocante à elasticidade da mão de obra, o aumento de 1% do estoque de funcionários, repercute em um crescimento de 0,54% das vendas. Esta diferença entre as elasticidades pode ser atribuída ao efeito de longo prazo nos resultados da pesquisa. Assim, apenas uma parcela dos recursos de pesquisa efetivamente envolve na criação de patentes, de forma que estes investimentos estão sempre sujeitos a fatores de incerteza (Hall, Lotti &

Mairesse, 2012). O poder de explicação do modelo da coluna (A) apresentou ser bastante elevado, de forma que 91,40% das variações nas vendas são explicadas pelas variáveis definidas no modelo. Testes de significância conjunta dos parâmetros estimados rejeitaram a hipótese nula de pelo menos um parâmetro não-significativo (estatística $F = 169,86$). Testes de heterocedasticidade rejeitaram a hipótese nula de variância constante, de forma que a matriz de variância-covariância foi recalculada obtendo novas estimativas não-tendenciosas de erro-padrão dos parâmetros.

No modelo da coluna (B), adicionou-se a influência da rentabilidade das firmas, de maneira que esta relação com o crescimento na venda das firmas apresentou sinal positivo e significativo a 1%. Esta influência pode ser capturada pelos incentivos na pesquisa que venham a repercutir em novas vendas, revelando um caráter endógeno do crescimento das firmas (Aghion & Howitt, 2009). A elasticidade dos gastos em P&D teve um suave aumento, 0,25%. Já a elasticidade da mão de obra, as diferenças em relação a coluna (A) apresentaram-se bastante pequenas, apesar da significância do parâmetro (0,52% contra 0,53%). Tanto o poder de explicação (0,9373) quanto a significância global dos parâmetros (Teste $F = 238,33$) aumentaram consideravelmente, em especial a última estatística. As variáveis selecionadas também apresentaram uma boa qualidade, de forma que a inclusão da lucratividade melhorou a qualidade do ajustamento (verificado pelo aumento do R^2 - ajustado). Por fim, observa-se que o modelo da coluna (B) não rejeita a hipótese de variância homocedástica (teste Qui-Quadrado = 0,24), de forma que não houve necessidade de correção na matriz de variância-covariância dos parâmetros.

Com relação ao modelo da coluna (C), a significância dos parâmetros apresentou-se elevada, com exceção da dummy $D_{Amer.Latina}$. A elasticidade dos gastos em pesquisa apresentou uma expressiva queda, considerando a exclusão dos efeitos fixos para os setores (0,14%). Isto mostra a sensibilidade e tendenciosidade das estimativas quando não controlamos os efeitos característicos da amostra, subestimando algumas estimativas e superestimando outras. No tocante a elasticidade dos investimentos em capital físico pelas empresas, percebeu-se uma abrupta elevação em relação às colunas (A) e (B) – 0,38% contra 0,27% e 0,22%, respectivamente. O poder de explicação do modelo apresentou-se bastante elevado e muito próximo dos resultados da coluna (A), com exceção da significância global dos parâmetros (teste $F = 314,02$) e na não-rejeição de variância homocedástica (teste Chi-Quadrado = 1,96).

Por último, temos os resultados da coluna (D), onde incluímos as dummies D_{Brics} e D_{G8} . Inicialmente percebemos que todos os parâmetros apresentaram significância estatística aos níveis de 1%. As elasticidades dos gastos em P&D (0,25%) e estoque de mão de obra (0,50%) aproximaram-se dos resultados observados nas colunas (A) e (B). Com relação à elasticidade dos investimentos em

capital físico, observou-se uma notória queda no índice (0,11%), sinalizando uma relativa sensibilidade desta estimativa quando excluímos algum controle fixo da amostra (setor ou país). Ao parâmetro de efeito da lucratividade das firmas, podemos concluir pouca sensibilidade aos efeitos de controle da amostra, em comparação com os gastos em P&D e aos investimentos em capital físico. A dummy D_{Brics} mostra que as firmas cuja origem venha a ser de algum país do grupo econômico Brics, apresenta, em média, um rendimento das vendas de 0,20% abaixo da amostra total, considerando todas as firmas de outros países. Este fato pode sugerir a influência de custos institucionais no desempenho destas firmas. O poder de explicação do modelo apresentou-se alto, de forma que 93,08% das variações das vendas são explicadas somente pelas variáveis selecionadas. A significância global dos parâmetros apresentou o maior nível entre os quatro modelos (teste $F = 407,07$). Novamente, não rejeitamos a hipótese de indícios de variância homocedástica (teste Chi-Quadrado = 1,39).

Os resultados, de modo geral, indicam que os esforços inovativos das firmas são importantes estratégias de mercado, considerando ainda que cada setor apresenta sua especificidade, envolvendo padrões distintos de oportunidades, cumulatividades e apropriabilidades tecnológicas pelas firmas (Malerba, 2004). Contudo, o confronto entre a abordagem clássica de difusão da tecnologia, onde as firmas mais atrasadas venham a apresentar uma velocidade de crescimento (e conseqüentemente convergência) superior às empresas mais avançadas, e a abordagem schumpeteriana, cujas firmas mais desenvolvidas destoem as trajetórias tecnológicas das firmas atrasadas, depende do efeito “aproximação com a fronteira” na aplicabilidade dos recursos estratégicos destas firmas. Quando destacamos o conceito de aplicabilidade, não estamos evidenciando apenas o resultado final da aplicação do recurso no desempenho da firma. Em um sentido mais amplo, estamos enfatizando como as firmas observam determinadas estratégias à medida que elas se aproximam da “referência” no setor em que atuam. Neste caso, o paradigma schumpeteriano destaca um efeito contrário e mais complexo à hipótese clássica, cujas firmas avançadas administram fortes incentivos e barreiras tecnológicas que limitam o crescimento das firmas atrasadas, mesmo envolvendo algum padrão de difusão tecnológica (Aghion & Howitt, 1998).

Visando capturar este conceito no modelo empírico, destacamos os resultados da Eq. (2) presentes na Tabela 4.

Tabela 4

Estimativas do modelo da Eq. (2)

Variáveis Independentes	Variável Dependente: log(y)			
	(A)	(B)	(C)	(D)
$\log(P\&D)$	0,0392117** 0,0159762	0,7871696* 0,0277947	-	-
$a*\log(P\&D)$	0,4016181* 0,0119941	0,2281818* 0,029304	0,3306488* 0,0297079	0,2530671* 0,0307218
a	-	-	0,4648853* 0,1546968	1,229196* 0,1699003
$\log(k)$	0,7241093* 0,0096768	-	0,7553114* 0,0093101	0,8010073* 0,0113005
π	0,0027622* 0,0003096	0,0082864* 0,0010018	0,0024661* 0,0003145	0,0014688* 0,0002858
D_{Brics}	-	-	-1,174301** 0,4997633	-0,453621 0,4294422
$D_{Amer.Latina}$	-0,6150631 0,50112	-	-1,32684* 0,4997773	-1,03851** 0,4341906
D_{G8}	-0,5234365 0,5356277	2,948861* 0,4449032	-	-
Efeitos Fixos				
-- País	sim	sim	sim	sim
-- Setor	não	sim	não	sim
-- R ²	0,9285	0,5911	0,9287	0,9506
-- R ² - Ajustado	0,9261	0,5780	0,9263	0,9475
-- Estat. F	392,7400	44,9700	393,8100	306,8500
-- P-valor (F)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Nº Firms	1500	1500	1500	1500
Teste de Heterocedasticidade				
Teste de Breusch-Pagan / Cook-Weisberg				
H ₀ : Variância Constante				
-- Estat. Qui-Quadrado	0,1700	15,7600	2,4300	1,7500
-- P-valor (Qui-Quadrado)	0,6840	0,0001	0,1192	0,1855

Nota: O mesmo conteúdo apresentado na nota na Tabela 3. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa, 2014.

Conforme os resultados da coluna (A), podemos enfatizar o efeito elasticidade total dos gastos em pesquisa, representado pela derivada parcial: $\epsilon_{P\&D} \equiv \frac{\partial \log(y)}{\partial \log(P\&D)} = \beta_1 + \beta_2 a_{ijc}$. Temos, neste exemplo, pelo menos dois importantes grupos de firmas, as mais avançadas, considerando o grupo vizinhança da fronteira ($\lim(a_{ijc}) \rightarrow 1$), e as mais atrasadas e afastadas da fronteira ($\lim(a_{ijc}) \rightarrow 0$). Em cada caso, a elasticidade da pesquisa irá gravitar em valores distintos, dando um maior ou menor efeito no crescimento das firmas, de acordo com “peso” do fator de aproximação tecnológica. Neste caso, fica evidente na análise da Tabela 3 o paradigma schumpeteriano da tecnologia (Coad, 2011). As firmas mais avançadas e situadas próximas da fronteira, utilizam os recursos de pesquisa com maior eficiência em relação às firmas mais afastadas, repercutindo em uma qualidade de crescimento notoriamente superior. Continuando com a análise, as estimativas da coluna (A) apresentaram

significância estatística, com exceção das dummies $D_{\text{Amer.Latina}}$ e D_{G8} . Considerando as firmas com 80 a 90% de proximidade com a fronteira, 1% dos gastos em P&D repercute em um crescimento de 0,36% a 0,40%. Estes resultados estão bem acima dos resultados apresentados na Tabela 2. Considerando as firmas mais afastadas, com 20 a 30% de proximidade com a fronteira, 1% dos gastos em P&D repercute em um crescimento de 0,12% a 0,16%. Estes resultados estão também presentes nas demais colunas da Tabela 4.

A divergência entre estes valores em comparação com a Tabela 3 pode ser explicada por um simples fato. Quando agregamos as firmas sem consideramos às diferenças tecnológicas entre elas, estimamos um resultado médio, englobando características que envolvem, desde as firmas mais avançadas às mais atrasadas. Na hipótese schumpeteriana a que testamos, distinguimos os grupos com o indicador de proximidade tecnológica. Assim, podemos visualizar com maior clareza quais firmas utilizam os recursos com maior “eficiência” em relação a um padrão-referência dentro de grupos específicos, neste caso em cada setor. O poder de explicação do modelo apresentou-se elevado ($R^2 = 0,9285$). Além disto, a significância global dos parâmetros apresentou-se alta, com o teste $F = 392,74$, e com a rejeição da hipótese de variância heterocedástica (teste Chi-Quadrado = 0,17).

Na coluna (B), os parâmetros de elasticidade da pesquisa divergiram consideravelmente em relação as demais estimativas da Tabela. Observou-se um elevado valor do parâmetro médio de elasticidade (0,7871) e uma queda em relação ao parâmetro vinculado ao indicador de proximidade (0,2281). Este padrão de tendenciosidade pode ser explicado pela exclusão da variável $\log(k)$, redistribuindo a influência dos investimentos em capital dentro dos gastos em pesquisa. Este fator de influência pode ser percebido na queda do poder de explicação do modelo, considerando o mais baixo dentre todos os estimados ($R^2 = 0,5911$). Mais uma vez, observou a não rejeição da hipótese de variância heterocedástica, que pode ser explicada pela exclusão da variável no modelo.

Com relação aos resultados da coluna (C), o efeito da aproximação tecnológica no crescimento das vendas é capturado pela derivada parcial, $\frac{\partial \log(y)}{\partial a}$. Este efeito é composto por duas partes $(\beta_2 a_{ijc} \log(P\&D_{ijc}) + \beta_3 a_{ijc})$, uma dada pelo parâmetro isolado da proximidade com a fronteira, e outro pela interação com os gastos em pesquisa. Em ambos os casos, os parâmetros apresentaram sinais positivos e significativos (ao nível de 1%). Este resultado esperado mostra que, caso a hipótese clássica fosse verificada, as economias mais afastadas apresentariam taxas de crescimento bem superior em relação às firmas avançadas, apontando para um sinal negativo ao parâmetro. Em direção contrária a isto, as firmas com maior crescimento nas vendas correspondem àquelas situadas mais próximas da fronteira. O parâmetro de interação entre o indicador de proximidade e os gastos em P&D apresentou-se inferior ao parâmetro estimado da coluna (A). Esta divergência pode ser atribuída a

exclusão da elasticidade média da pesquisa, viesando a estimativa do parâmetro de interação. Ainda em questão, as diferenças foram suaves em comparação com a coluna (B). Destaque importante corresponde às dummies D_{Brics} e $D_{\text{Amer.Latina}}$, que apresentaram estimativas com sinais negativos, mostrando indícios de custos institucionais às firmas de origem nos Brics e na América Latina (significantes ao nível de 1%). A dummy da América Latina apresentou uma magnitude superior, podendo ser explicada pela competitividade das firmas chinesas que baixaram o resultado do grupo dos Brics (Joint Research Centre, 2013). Este padrão também é perceptivo na coluna (D). O poder de explicação do modelo apresentou-se também elevado ($R^2 = 0,9285$) e com uma ótima qualidade de ajustamento ($R^2 - \text{Ajustado} = 0,9263$). Além disto, a significância global dos parâmetros revelou-se alta, com o teste $F = 393,81$. Neste modelo, rejeitamos a hipótese de variância heterocedástica.

Na última coluna (D), podemos destacar a notória variação do parâmetro associado à variável de aproximação tecnológica em relação à coluna (C). Este resultado está associado à inclusão dos fatores de controle fixo de países, que foram excluídos na estimação do modelo da coluna (C). A inclusão do controle fixo influenciou o poder de explicação do modelo, tornando-o mais elevado em comparação às demais colunas. A subestimação do parâmetro da variável $a_{ijc} \log(P\&D_{ijc})$ pode estar associada à exclusão da variável $\log(P\&D_{ijc})$ no processo de estimação. Ainda sim, mostrou-se significativa e positivamente associada com o desempenho das vendas, revelando que as firmas situadas próximas da fronteira administram um uso mais eficiente dos recursos de P&D em um novo crescimento. A significância global dos parâmetros apresentou-se elevado e rejeitando a hipótese de pelo menos um parâmetro estimado sendo estatisticamente igual à zero. Testes de heterocedasticidade não rejeitaram a hipótese de variância constante ou homocedástica.

A Tabela 5 apresenta os resultados do modelo dividindo conforme os blocos econômicos especificados.

Os resultados contidos na coluna (A) mostra o modelo estimado considerando somente as firmas com origem nos países do BRIC's. O parâmetro de elasticidade da pesquisa apresentou um sinal negativo, porém não significativo (-0,136945), sugerindo um padrão de divisão entre as firmas. As firmas mais afastadas enfrentam barreiras de pesquisa que limitam efeitos positivos no crescimento, somente quando uma trajetória de aproximação com a fronteira atinge um limiar que torna o efeito positivo (considerando um efeito estritamente positivo somente para as firmas com proximidade superior a 37% com a fronteira).

Tabela 5

Estimativas do modelo da Eq. (2) conforme o grupo econômico.

Variáveis Independentes	Variável Dependente: $\log(y)$	
	(A) - BRICS	(B) - G8
$\log(P\&D)$	-0,136945 0,0835273	-0,0682238* 0,0275094
$a*\log(P\&D)$	0,3678* 0,0484799	0,5195952* 0,022338
$\log(k)$	0,668036* 0,0504651	0,7912331* 0,0185096
Efeitos Fixos		
-- País	não	não
-- Setor	sim	sim
-- R^2	0,9414	0,9527
-- R^2 - Ajustado	0,9192	0,9508
-- Estat. F	42,5400	530,9300
-- P-valor (F)	0,0000	0,0000
Nº Firms	75	924
Teste de Heterocedasticidade		
Teste de Breusch-Pagan / Cook-Weisberg		
H_0 : Variância Constante		
-- Estat. Qui-Quadrado	0,0400	14,1600
-- P-valor (Qui-Quadrado)	0,8466	0,0000

Nota: O mesmo conteúdo apresentado na nota na Tabela 3. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa, 2014.

Com relação ao grupo G8 (coluna (B)), este padrão persiste com uma diferença visível em comparação ao grupo do BRIC's, observa-se um efeito estritamente positivo para as firmas com proximidade superior a 13% com a fronteira. Este padrão abrange um conjunto de firmas com maior distância à fronteira em relação às firmas das economias emergentes. Tal comportamento pode ser atribuído aos diferentes custos institucionais presentes entre os países que impõem restrições nos incentivos às atividades de inovação, comprometendo parcialmente a trajetória tecnológica das firmas. Estes resultados diferem das Tabelas 3 e 4 uma vez que estamos decompondo a amostra em dois importantes blocos econômicos. Isto sugere que os efeitos isolados entre as diferentes firmas são 'suavizados' quando agregamos as subamostras.

Os resultados aqui apresentados mostram que as assimetrias entre as firmas pode se constituir um importante fator restritivo, especialmente na eficiência dos gastos em pesquisa (P&D). A hipótese schumpeteriana, cujos resultados da inovação dependem dos padrões de oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade, presentes na literatura dos regimes tecnológicos (Malerba, 2004), mostra como as firmas alocam seus esforços inovativos à medida que se aproximam da referência tecnológica dentro do setor em que atuam. Este cenário contraria a vertente clássica de difusão de tecnológica como principal fator de crescimento, em especial, para as firmas mais atrasadas. Assim, uma política

nacional de inovação tem a prioridade de investigar não apenas os resultados das pesquisas no crescimento das firmas, mas também entender como as firmas reduzem suas diferenças no tempo, alterando os incentivos na adoção de estratégias mais sustentáveis à sua sobrevivência. Neste contexto, as barreiras enfrentadas pelas firmas em atraso, sejam pelas deficiências em aprendizado, pelas restrições de recursos, ou ainda pelo comprometimento de suas trajetórias tecnológicas, constituem um importante ponto de partida para futuras pesquisas. Por fim, vale salientar que os tomadores de decisão da política econômica precisam compreender como as firmas percebem as estratégias de maior sobrevivência, neste caso os esforços inovativos, à medida que elas crescem e reduzem a distância em relação à liderança do setor. Neste caso, estamos considerando uma medida de ‘qualidade’ no crescimento das firmas. A falta desta dimensão na análise pode inferir em resultados comprometedores ao desenvolvimento das empresas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou os efeitos dos esforços inovativos, medidos pelos gastos de P&D, no desempenho econômico-financeiro das firmas. No modelo teórico, foi demonstrado que a firma emprega seus insumos na sua produção seguindo uma função de produção tradicional Cobb-Douglas. Na decomposição da taxa de crescimento das vendas, foi observado que a taxa de progresso técnico afeta diretamente o desempenho da firma. Contudo, para as chances da inovação suceder, depende de consideráveis investimentos em P&D feito pelas empresas. Na decomposição dos efeitos marginais dos investimentos sob a taxa de crescimento, foi abordado que as flutuações de proximidade com a fronteira afetam o desempenho relativo dos investimentos na taxa de crescimento, criando um conjunto de possibilidades à medida que a firma se aproxima da fronteira.

Como primeira hipótese de teste, calculou-se o coeficiente de elasticidade parcial dos gastos em pesquisa sob o crescimento das vendas. As primeiras estimativas (Tabela3) revelaram que os esforços inovativos das firmas contribuem significativamente para o crescimento das vendas. Considerando um aumento de 1% dos investimentos em P&D repercute diretamente no crescimento médio de 0,20 a 0,25% no crescimento das vendas. Para se chegar a estes resultados, optou-se por controlar o modelo estimado adotando algumas importantes variáveis. Testando a significância destas variáveis, percebeu-se que os investimentos em capital físico, a contratação de mão de obra e o grau de lucratividade das firmas, apresentaram importantes condicionantes no desempenho das firmas. Testes de significância global dos parâmetros e significância individuais rejeitaram a hipótese de uma relação estatisticamente

nula na causalidade das variáveis sob o crescimento das vendas. Estes prévios resultados não incorporam a influência da diferença tecnológica entre as firmas sob o uso eficiente dos recursos.

Considerando o fator de aproximação da fronteira (Tabela 4), as elasticidades da pesquisa passam a apresentar resultados distintos. Com a divisão da amostra entre as firmas mais avançadas e mais afastadas de um padrão referência (firma com a maior produtividade), o efeito da elasticidade da pesquisa é alterado conforme o grau de aproximação. As estimativas apresentaram significância estatística e revelaram que as empresas situadas mais próximas da fronteira a elasticidade parcial da pesquisa distanciou-se consideravelmente do grupo de firmas mais afastadas. Assim, ficou evidente que um aumento de 1% nos investimentos em P&D contribui para um crescimento nas vendas de 0,40% para firmas mais avançadas tecnologicamente contra apenas 0,16% para as firmas mais afastadas da fronteira. Confrontando com os resultados anteriores (Tabela 2), percebeu-se que o indicador de proximidade com a fronteira ampliou o intervalo de possibilidades do coeficiente de elasticidade de $(0,20\% \leq \epsilon_{P\&D} \leq 0,25\%)$ para $(0,16\% \leq \epsilon_{P\&D} \leq 0,40\%)$. Este fato deve-se especialmente ao paradigma schumpeteriano da tecnologia (Coad, 2011). Em todos os resultados apresentados o parâmetro de interação entre a proximidade e o logaritmo dos gastos apresentou sinal positivo e significativo. Além disto, o poder de explicação não apresentou queda ao incorporar e interagir o índice com variável ‘gastos em P&D’. Ao contrário disto, alguns resultados apresentados observou-se uma elevação no poder de explicação do modelo.

Este estudo corrobora com alguns resultados apresentados na literatura do crescimento (Aghion & Howitt, 2009). Os resultados sugerem que os esforços inovativos constituem estratégias “eficientemente” mais apropriadas para as indústrias líderes, enquanto que as firmas com maior distância em relação à fronteira, podem se defrontar com elevados custos de oportunidade para tais esforços, reduzindo os retornos sob o crescimento. A ausência desta compreensão pode comprometer a trajetória de desenvolvimento das firmas e em alguns casos, conduzi-las para armadilhas de divergência dentro do setor (Acemoglu, Aghion & Zilibotti, 2006)

REFERÊNCIAS

- Acemoglu, D., Aghion, P., & Zilibotti, P. (2006). Distance to frontier, selection, and economic. *Journal of the European Economic Association*, 4(1), 37-74.
- Aghion, P., & Bessenova, E. (2006). On Entry and Growth: Theory and Evidence. *OFCE / Revue de l'OFCE*, 97(5), 259-278.

- Aghion, P., & Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory*. Cambridge: MIT Press.
- Aghion, P., & Howitt, P. (2009). *The Economics Of Growth*. Cambridge: MIT Press.
- Amsden, A. H. (2001). *The rise of ‘the rest’: challenges to the west from late-industrializing economies*. New York: Oxford University Press.
- Arrow, K. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In Nelson, R. R. *The Rate and Direction of Inventive Activity*. New Jersey: Princeton University Press, 609-625.
- Bogliacino, F., Cardona, S. G. (2010). *The determinants of R&D Investment: the role of Cash flow and Capabilities*. European Commission. Sevilla.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. New York: Cambridge University Press.
- Coad, A. (2011). Appropriate business strategy for leaders and laggards. *Industrial and Corporate Change*, 20(4), 1049–1079.
- Hall, B. H. (2002) The Financing of Research and Development. *Oxford Review of Economic Policy*, 18(1), 35-51.
- Hall, B. H., & Lerner, J. (2009). *The Financing of R&D and Innovation*. National Bureau of Economic Research. Cambridge, MA.
- Hall, B. H., Lotti, F., & Mairesse, J. (2008). Employment, innovation, and productivity: evidence from Italian microdata. *Industrial and Corporate Change*, 17(4), 813–839.
- Hall, B. H., Lotti, F., & Mairesse, J. (2012). Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 1–29.
- Joint Research Centre. (2013). *The 2012 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. European Comission. Luxembourg, p. 126.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Boston: Harvard Business School Press.
- Malerba, F. (2004). *Sectoral Systems of Innovations: Concepts, Issues And Analyses Of Six Major Sectors In Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. New York: Harper and Row.
- Teece, D. J. (2009). *Dynamic Capabilities and Strategic Management*. New York: Oxford University Press.

THE IMPACT OF INNOVATIVE EFFORTS IN THE FINANCIAL PERFORMANCE OF ENTERPRISES

ABSTRACT

This study examined the impact of innovative efforts, measured by investment in Research and Development, under the sales growth, considering different 'degrees of proximity' with the frontier. To test the hypothesis, we built a regression model with panel data considering 1,500 firms with financial data from 2012. We calculated the Total Factor Productivity of each firm and constructed an index of proximity to the frontier (firm with higher productivity). The results show that firms closed to the frontier, employ the R&D resources more efficiently, obtaining estimates of growth than firms further behind.

Key-words: Technological Frontier; R&D; Innovation; Firms' growth.

Data do recebimento do artigo: 21/05/2014

Data do aceite de publicação: 14/02/2015